

PORQUE AS ENCOSTAS ROMPEM QUANDO CHOVE?

Gilberto Luiz, Eng. Civil, *Esp. Patologia nas obras civis, Esp. Engenharia de estruturas*

Solos coesivos típicos do sul do Brasil são constituídos por grãos muito finos compostos por diversos materiais, apresentando água e ar em seu interior - vazios. O aumento da quantidade de água no solo, pelas chuvas ou elevações dos rios, interfere na estabilidade de encostas, aumentando seu peso específico, originando processos erosivos e diminuindo sua resistência (perda de coesão aparente).

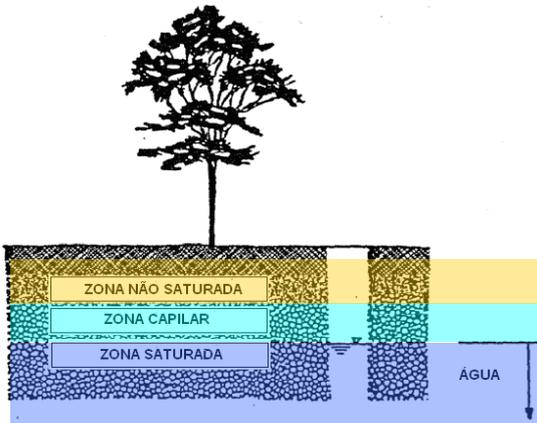


Figura 1 – Zonas típicas de saturação do solo: saturada, capilar e não saturada

De maneira geral, o solo pode ser dividido em zonas não saturadas e saturadas em função do preenchimento completo ou incompleto pela água. Na zona **não saturada**, a pressão da água é negativa, sendo denominada sucção, desenvolvendo-se uma atração entre as partículas do solo em função de uma propriedade denominada coesão. Esta atração confere uma resistência provisória ao terreno, possibilitando inclusive realizar cortes verticais sem que ocorra sua ruptura.

A coesão aparente diminui conforme o solo aproxima-se de seu limite de saturação, o que é influenciado pela alteração do nível freático em função da água das chuvas e justifica a ocorrência de deslizamentos de encostas que mantiveram-se estáveis ao longo de diversos anos. Além de diminuir sensivelmente a coesão do solo e aumentar seu peso específico, a elevação do nível freático causa o aumento da pressão exercida pela água sobre as partículas do solo (poropressão), ocasionando uma repulsão entre as partículas que eram atraídas umas às outras em trechos não saturados antes das chuvas ou elevações dos rios.

Em razão da importância da variação no teor de umidade dos solos, torna-se imprescindível empregar todo rigor possível na implementação de sistemas de drenagem (superficiais e profundos) que impeçam a infiltração de água e a elevação do nível freático no terreno para garantir sua estabilidade.



Figura 2 – Intervenções cotidianamente realizadas em encostas

estimada do maciço não vem sendo mobilizada, entretanto não se pode assegurar sua perpetuidade, ou a manutenção desta condição durante períodos de tempo razoáveis. Em função desta **“capacidade momentânea de equilíbrio”**, diversas obras são cotidianamente executadas, respaldadas em processos empíricos, **justificando os acidentes freqüentemente ocorridos em estruturas de contenção.**

Diversas encostas e taludes artificiais de nosso planeta (encostas alteradas por obras de terraplenagem) encontram-se aparentemente seguras por uma condição natural de equilíbrio de tensões possibilitada por diversos fatores certos e incertos (maneira efetiva que ocorrem as distribuições das tensões no maciço, heterogeneidade e coesão aparente, dissipação de tensões, etc) o que indica que, momentaneamente, a parcela dos esforços que supera a resistência

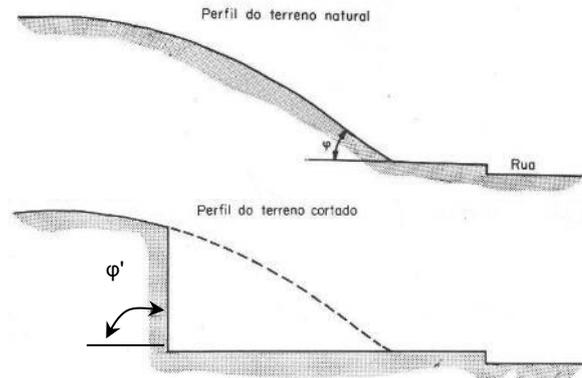


Figura 3 – Alterações típicas do terreno para otimizar sua utilização. Cortes realizados alteram o ângulo natural dos taludes. A figura à direita representa uma situação crítica, entretanto, pequenas alterações nas inclinações das encostas já repercutem sobre o estado de repouso do solo.

A utilização de terrenos cujo relevo é resultado da ação da natureza por milhares de anos geralmente requer a realização de cortes e aterros que alteram seu estado natural de repouso.



Figura 4 – Exemplo didático - ângulo de atrito interno do solo

Na situação clássica acima, o perfil do terreno natural que geralmente se forma ao longo de milhares de anos apresenta declividade bastante próxima do ângulo de talude natural ϕ , também conhecido como ângulo de repouso do material, ou ângulo de atrito interno. De

forma simplificada, o ângulo de talude natural constitui a inclinação limite a partir da qual o perfil do solo, desprezando-se a **coesão**, ao ser depositado em um recipiente cilíndrico, começa a transferir esforços a suas paredes, ou seja, requer um anteparo para manter-se estável. Os solos coesivos típicos do sul do Brasil apresentam ângulos de talude natural da ordem de 20 a 30° - solos argilosos, o que deve ser adequadamente definido por análises laboratoriais para cada caso.

Com o passar do tempo, solos submetidos a cortes com ângulos muito superiores ao ângulo de talude natural iniciam seus processos de ruptura buscando a estabilidade, revelando sua instabilidade através de manifestações patológicas relacionadas à abertura de fendas e deformações diversas. Tais rupturas apresentam relação com diversos outros fatores, merecendo especial destaque para a perda da **coesão aparente**, que acontece com a saturação do terreno pela infiltração de água por ocasião das chuvas ou enchente dos rios, conforme já anteriormente apresentado.

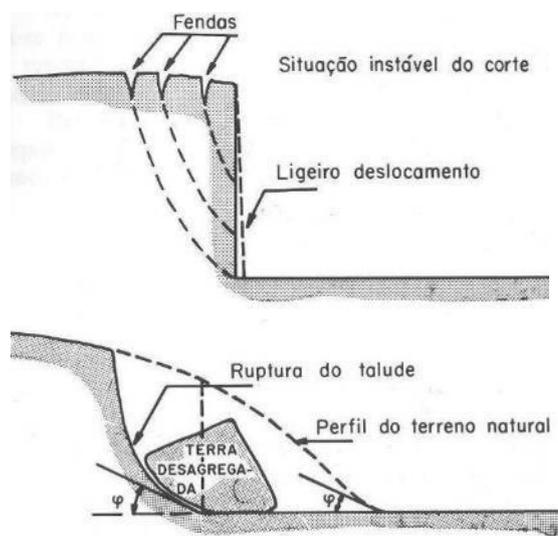


Figura 5 – Rupturas sucessivas que ocorrem até a re-estabilização da encosta

Ao final do processo ocorre a ruptura do talude, ocasião em que o terreno atinge nova condição de estabilidade. Tais processos podem ocorrer repentinamente - incentivados pelas chuvas ou pelas enchentes, ou ainda perdurar por dezenas, centenas ou milhares de anos na busca do estado natural de repouso.



Figura 6 – Ruptura típica de encosta em busca da estabilidade, incentivada pelas chuvas - perda da coesão aparente



ENG. GILBERTO LUIZ
CREA/SC 59.805-2 - 71.589-8

INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE OBRAS CIVIS
PERÍCIAS DE ENGENHARIA . AVALIAÇÕES DE IMÓVEIS

DONA FRANCISCA 1.747 . SL 2 . SAGUAÇÚ . JOINVILLE/SC
FONE (47) 3472 2921 . WWW.ADFIDUCIA.COM.BR

A execução de obras em terra necessariamente deve ser precedida de um plano de exploração do solo, através do qual serão implementados estudos específicos, procurando obter parâmetros referentes às cargas envolvidas, as características do solo, aos índices pluviométricos regionais, a elevação do nível freático e ao grau de segurança requerido.

A elaboração de projetos geotécnicos, em geral, exige um conhecimento adequado dos solos através da identificação, da classificação das diversas camadas componentes do substrato a ser analisado e avaliação de suas propriedades geotécnicas, exigindo a realização de ensaios “in situ” ou de laboratório.

Definidas as cargas envolvidas, podem ser elaborados os projetos por Engenheiros Civis comprovadamente capacitados que deverão detalhar as estruturas de contenção, definir materiais, tipologias construtivas, disposições de armaduras, sistemas de drenagem superficial e profunda, condições de utilização e manutenção nos termos das normas em vigor publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Fonte -figuras 3 a 5

Moliterno, A., Caderno de Muros de Arrimo, 2ª Edição Revisada, Ed. Edgar Bluchter, São Paulo, 1994